



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08333632 A**

(43) Date of publication of application: 17.12.96

(51) Int. Cl.

C21D 9/00
B23K 26/00
B23K 31/00
C21D 1/09
C23C 2/00

(21) Application number: 07139716

(22) Date of filing: 06.06.95

(71) Applicant: **ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY
IND CO LTD**

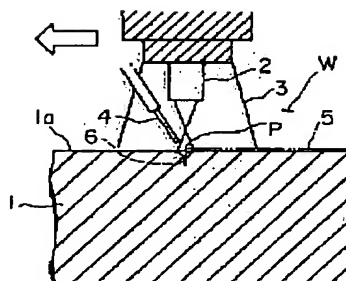
(72) Inventor: YOSHIDA KAZUO
HIRANO KENJI
SASAKI SHINOBU

(54) METHOD FOR INTRODUCING COMPRESSIVE RESIDUAL STRESS TO METAL SURFACE

(57) Abstract:

PURPOSE: To prevent the occurrence of defects, such as crack, by introducing compressive residual stress to a metal surface, to prevent the influence of the quality of the material to be treated, and to increase the applicability to the existing material to be treated.

CONSTITUTION: The metal surface 1a of a material 1 to be treated is heated into spotted state. Then, a heating point P is successively shifted, and the metal surface 1a in a high-temp. state is cooled rapidly to apply a thermal stress exceeding the yield point. Subsequently, cooling is applied down to uniform temp. to establish compressive residual stress in the metal surface. Spot heating is performed by laser beam, etc.



COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-333632

(43) 公開日 平成8年(1996)12月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 9/00		9352-4K	C 2 1 D 9/00	A
B 2 3 K 26/00	3 1 0		B 2 3 K 26/00	3 1 0 W
31/00			31/00	F
				G
C 2 1 D 1/09			C 2 1 D 1/09	A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-139716

(22) 出願日 平成7年(1995)6月6日

(71) 出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 吉田 和夫

神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社横浜エンジニアリングセンター内

(72) 発明者 平野 賢治

神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 石川島播磨重工業株式会社横浜エンジニアリングセンター内

(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

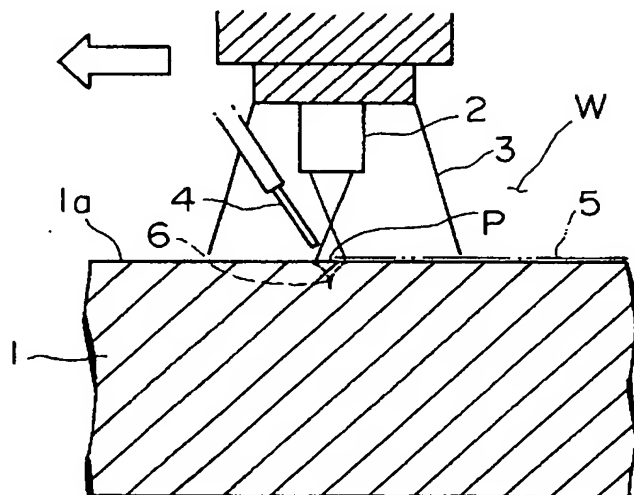
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法

(57) 【要約】

【目的】 金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法に係るもので、金属表面に圧縮残留応力を導入して、クラック等の欠陥の発生を防止するとともに、被処理材の材質による影響を受けにくく、既存の被処理材に対する適用性を高める。

【構成】 被処理材の金属表面をスポット状に加熱する工程と、加熱点を順次ずらす工程と、高温状態の金属表面を急冷し降伏点を越えた熱応力を付与する工程と、均一温度まで冷却して金属表面に圧縮残留応力を発生させる工程とを有する技術が採用される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理材 (1) の金属表面 (1a) をスポット状に加熱する工程と、金属表面における加熱点 (P) を順次ずらす工程と、加熱点からずれた高温状態の金属表面に冷媒 (W) を接触させて急冷し金属表面の近傍に降伏点を越えた熱応力を付与する工程と、被処理材を均一温度まで冷却して金属表面に圧縮残留応力を発生させる工程とを有することを特徴とする金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法。

【請求項 2】 被処理材 (1) の金属表面 (1a) を、レーザビームによりスポット状に加熱することを特徴とする請求項 1 記載の金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法。

【請求項 3】 加熱点 (P) の回りに、シールドガスを介在させるとともに、該シールドガス雰囲気近傍に冷媒 (W) を接触させて冷却を行なうことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法。

【請求項 4】 被処理材 (1) の加熱を気体雰囲気中で行なうとともに、シャワー状の冷媒 (W) を金属表面 (1a) に噴出して冷却を行なうことを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法に係り、特に、スポット状の加熱とその直後の急冷とによって、金属表面に圧縮残留応力を導入するものである。

【0002】

【従来技術】 従来、ステンレス鋼の耐食性を向上させる技術として、特開平 1-199919 号、特開平 1-199920 号、特開平 1-199921 号及び特開平 6-073556 号が提案されており、これら技術にあっては、いずれもステンレス鋼の表面にクラッド層をレーザ焼成することによって、耐食性を飛躍的に向上させるようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、クラッド層の部分は、金属材料等を熔融状態にして付着形成するものであるために、熔融の金属材料等が固化する際に熱収縮が伴って、表面に引張残留応力が付与された状態となり、クラックが発生した場合にクラックの成長が促進されるものとなる。

【0004】 本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成するものである。

① 金属表面に圧縮残留応力を導入して、クラック等の欠陥の発生を防止すること。

② 被処理材の材質による影響を受けにくく、応用範囲が大きく実用性を高めること。

③ 既存の被処理材に対しての適用性を高めること。

【0005】

【課題を解決するための手段】 被処理材の金属表面を、レーザビーム等の熱源によりスポット状に加熱して、加熱点と被加熱箇所との間に大きな温度差を付与する。この際の加熱点の回りは、シールドガスの介在による不活性ガス雰囲気としておくことが望ましく、かつ加熱点は、熔融状態とされる。加熱点を順次ずらすことにより、金属表面を連続して加熱するとともに、加熱点からずれた高温状態の金属表面に、速やかに冷媒を接触させて加熱された箇所を急冷し、加熱点とその近傍の金属表面の近傍に降伏点を越えた熱応力を発生させる。加熱と急冷とが行なわれた被処理材にあっては、引き続き冷却を続行する等によって全体を均一温度とし、金属表面に圧縮残留応力を発生させる。被処理材にあっては、水中雰囲気で加熱及び冷却を行なうことが有効であり、また、加熱を気体雰囲気中に行なう場合には、シャワー状の冷媒を金属表面に噴出して急冷することが望ましい。被処理材の耐食性が要求される場合には、加熱時に溶加棒を使用して、クラッド層を形成する技術が付加される。

【0006】

【作用】 レーザビーム等によって金属表面をスポット状に加熱すると、加熱点が熔融状態に至るとともに、外径が小さく比較的深い熔融池が形成され、熔融池とその回りの被加熱箇所との間に大きな温度差が生じる。加熱点の回りをシールドガスの介在雰囲気としておくと、加熱点が周囲の環境から隔離され、加熱点と被加熱箇所との間が非冷却状態となり、被処理材が水中雰囲気で処理される場合にあっては、温度差の付与が行なわれる。加熱点を順次ずらして、加熱された箇所の金属表面を冷媒により急冷すると、加熱点と冷却箇所との間に発生する過渡的な温度差に基づく熱応力が、降伏点を越えて塑性変形を生じる。この過渡時にあって、表面部分は、引張り応力が働くことにより塑性変形を生じようとするとともに、その直下近傍の高温部分は、圧縮応力が働くことによる塑性変形を生じる。したがって、処理後の被処理材にあっては、常温状態に戻る等の冷却時に全体が均一温度となることにより、塑性変形を生じた部分に、過渡時と逆の応力が作用して、金属表面に圧縮残留応力が付与される。また、圧縮残留応力の導入処理を気体雰囲気中に行なった場合にあっては、加熱点を直後にシャワー状の冷媒で急冷することが行なわれ、その後、暫時冷却を続行することにより、所望の導入処理がなされる。加熱時に溶加棒を使用すると、クラッド層が同時に形成されるとともに、クラッド層の表面に圧縮残留応力が導入される。

【0007】

【実施例】 以下、本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第 1 実施例について、図 1 ないし図

5に基づいて説明する。

【0008】図1は、前述の導入方法の第1実施例における実施状況を示すもので、被処理材（母材）1の金属表面1aについて圧縮残留応力を導入する場合、レーザーヘッド2によるレーザービームLの照射、シールドガスカートン3による加熱点Pの隔離、溶加棒4の供給によるクラッド層5の形成、冷媒（水）Wによる加熱点Pの急冷等を組み合わせて実施される。なお、図1にあって、符号6は溶融池であり、レーザービームLの焦点が小さい場合は、加熱径が小さな深い（いわゆるワイングラス状の）金属の溶融部分が形成される。

【0009】前記被処理材1にあっては、例えばインコネル材やステンレス鋼（SUS304材）が適用され、この場合の材料の厚さは、例えば6mm以上で、レーザー出力や加熱深さに対応して相対的に厚いもの（厚肉材）が適用される。そして、被処理材1にあっては、金属表面1aに水（冷媒）Wに接触させた状態の水没状態とされとともに、金属表面1aにレーザーヘッド2が対向状態に配される。

【0010】レーザーヘッド2にあっては、例えばレーザー出力が3kW程度のYAGレーザーが適用され、レーザーヘッド2と金属表面1aとの間には、レーザービームLの照射範囲を取り囲むように、He等のシールドガスの供給によるシールドガスカートン3が形成される。

【0011】溶加棒4は、金属表面1aの耐食性の要求に応じて、クラッド層5を形成するもので、例えばCr合金等が選定される。

【0012】圧縮残留応力の導入方法の実施工程について、図2ないし図5を参照して以下説明する。

【0013】レーザー照射前の被処理材1にあっては、図2に示すように、材料の板厚方向に温度（ T_w ）が一定となる温度分布になっている。

【0014】被処理材1の金属表面1aをレーザービームLの照射によりスポット状に加熱すると、金属表面1aが溶融状態となること等により、図3（a）において右方を高温として示すように、金属表面1aの温度が著しく高くなるとともに、被処理材1の大部分にあっては、当初の温度（ T_w ）をほぼ維持する。図3（a）に示す温度分布時には、被処理材1が、各所の温度に基づいて図3（b）の左右方向の長さで示すように自由膨張することになる。しかし、前述したように被処理材1が厚肉材である場合には、金属表面1aの自由膨張を、当初の温度（ T_w ）を保持している被処理材1の大部分で抑制するため、金属表面1aの溶融部分に図3（c）において右方を引張応力として示すように圧縮応力が付与され、その直下近傍に引張応力が付与されることになり、シールドガスカートン3の形成範囲であって、溶融池6の急速な温度低下が生じない範囲では、図3（c）の状態が維持される。

【0015】レーザーヘッド2を、図1の矢印の方向に相

対移動させて、レーザービームLの照射による加熱点Pを順次ずらしていくと、シールドガスカートン3から外れた部分に冷媒（水）Wが接触して、高温状態（溶融状態）の金属表面1aが急冷（急激に冷却）されることにより、図4に示すような過渡的現象が発生する。つまり、図4（a）に示すように、金属表面1aが急冷されることにより、被処理材1の内部の最高温度よりも温度が低下した部分が発生する。図4（a）に示す温度分布時には、被処理材1が、各所の温度に基づいて図4

（b）に示すように自由膨張することになるが、前述したように、当初の温度（ T_w ）を維持している部分が自由膨張を抑制することにより、図4（c）に示すように、最高温度の近傍部分に圧縮応力が付与され、金属表面1aではその影響を受けて引張応力が付与されるとともに、温度（ T_w ）の部分に引張応力が付与される。

【0016】図4（c）に示すような応力分布にあって、圧縮及び引張応力が、それぞれの温度に対応する降伏点を越えた熱応力であると、これらの応力に基づいて塑性変形が発生する。

【0017】次いで、図1に示すレーザーヘッド2の移動にしたがって、塑性変形を生じた部分が冷媒Wにより引き続き冷却されて、被処理材1が常温状態に戻される等、全体が均一温度となると、被処理材1の温度低下による全体の収縮力に加えて、金属表面1aに引張り方向の塑性変形が生じた部分が圧縮されることに基づき、図5に示すように、金属表面1aに圧縮残留応力を導入した状態とすることができる。なお、クラッド層5を形成した場合にあっては、線膨張係数が近似している条件下では、その表面に圧縮残留応力を導入することができる。

【0018】図6は、本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第2実施例を示すもので、被処理材1が、例えば6mm未満の薄肉材である場合の実施状況を示している。薄肉状の被処理材1をレーザービームLで加熱した場合の温度分布は、図6（a）に示すように、被処理材1の厚さ全域に及んでなだらかに形成され、レーザー照射直後に金属表面1aを冷却すると、金属表面1aが急激に冷却されることにより、図6（b）に示すように、冷却表面の温度が低く、被処理材1の内部に温度の高い部分が残された温度分布となり、この図6（b）の温度分布により被処理材1が、図6（c）に示すように自由膨張することになるものの、相互に自由膨張を抑制しようとすることにより応力が発生し、これらの応力（例えば高温部分の膨張が抑制されることによって生じる圧縮応力）が降伏点を越えると、全体が均一温度となる冷却後には、被処理材1の内部で生じた圧縮方向の塑性変形に基づき、図6（d）に示すように、金属表面1aに圧縮残留応力を導入した状態とすることができる。

【0019】図7は、本発明に係る金属表面に対する圧

縮残留応力の導入方法の第3実施例を示すもので、被処理材1が、例えば2mm以下の極めて薄肉材である場合、あるいは熱伝導性の高い材料で形成されている場合の実施状況を示している。被処理材1をレーザービームLで加熱した場合の温度分布は、図7(a)に示すように変化の少ないものとなるが、レーザー照射直後における金属表面1aの急激な冷却により、図7(b)に示すように、冷却表面の温度が低く被処理材1のその他の部分の温度が高くなる温度分布となり、この図7(b)の温度分布により被処理材1が、図7(c)に示すように自由膨張しようとして、自由膨張を抑制しようとする応力の発生により、これらの応力が降伏点を越えた際に、図7(d)に示すように、金属表面1aに圧縮残留応力を導入した状態とするものである。

【0020】一方、図8は、本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第4実施例を示すもので、図1例におけるレーザーヘッド2の回りの雰囲気水を冷媒(水)Wとする方法に代えて、レーザーヘッド2の回りを気体雰囲気中としておいて、給水系7からの給水により、スプレーノズル8からシャワー状の冷媒(水)Wを金属表面1aに噴出して急冷するものである。なお、図8にあって、符号9はレーザー光発生手段、10はシールドガス供給系、11はワイヤ供給系である。

【0021】この場合には、シールドガス供給系10からシールドガスを供給して、レーザーヘッド2の先端をシールドガス雰囲気中としておき、レーザー光発生手段9で発生させたレーザービームLで金属表面1aを照射するとともに、加熱点Pを図8の矢印で示すようにずらしながら、給水系7からの給水により、スプレーノズル8から冷媒(水)Wをシャワー状に噴出させて加熱点Pを急冷するものであり、スプレーノズル8からの噴出冷媒(水)Wによる冷却作用が十分である場合や、被処理材1が薄肉状である場合に適用される。

【0022】なお、図8の第4実施例にあっても、被処理材1の耐食性が要求される場合には、加熱時にワイヤ供給系11から加熱点Pに溶加棒4を供給して、クラッド層5を形成する技術が付加される。

【0023】

【発明の効果】本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法にあつては、以下の効果を奏する。

(1) 被処理材の表面をレーザービーム等により加熱して溶融状態とするとともに、加熱点をずらしながら冷媒に接触させて急冷することにより、金属表面に圧縮残留応力を導入して、クラック等の欠陥の発生を防止することができる。

(2) 被処理材の表面をスポット状に加熱した際に生じる温度差及び熱膨張差を利用して圧縮残留応力を導入するものであるから、被処理材の厚さや熱伝導性の良否による影響を受けにくく、応用範囲を拡大して実用性を高めることができる。

(3) 被処理材の加熱時に加熱点の回りをガス雰囲気とし、かつ、水等の冷媒に接触させるものであるから、使用する設備や機器が比較的単純で応用が容易であり、既存の被処理材の補修に対しても適用することができる。

(4) 加熱点に溶加棒を供給することによって、クラッド層を形成することができるのに加えて、クラッド層の表面に圧縮残留応力を簡単に導入することができる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第1実施例の実施状況を示す正断面図である。

【図2】図1における被処理材の加熱前の温度分布図である。

【図3】図1における被処理材の加熱時の状況を示すもので、(a)は温度分布図、(b)は熱膨張のモデル図、(c)は熱応力分布図である。

20 【図4】図1における被処理材の加熱直後に水冷した場合の状況を示すもので、(a)は温度分布図、(b)は熱膨張のモデル図、(c)は熱応力分布図である。

【図5】図1における被処理材の処理後の状況を示す残留応力分布図である。

【図6】本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第2実施例の実施状況を示すもので、(a)は加熱時の温度分布図、(b)は水冷時の温度分布図、(c)は水冷時の熱膨張のモデル図、(d)は処理後の状況を示す残留応力分布図である。

30 【図7】本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第3実施例の実施状況を示すもので、(a)は加熱時の温度分布図、(b)は水冷時の温度分布図、(c)は水冷時の熱膨張のモデル図、(d)は処理後の状況を示す残留応力分布図である。

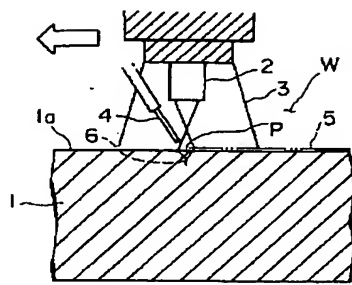
【図8】本発明に係る金属表面に対する圧縮残留応力の導入方法の第4実施例を示すブロック図を併記した正断面図である。

【符号の説明】

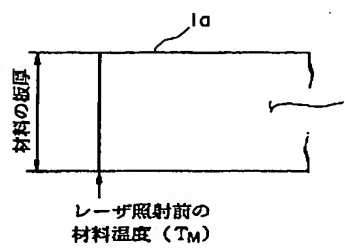
- 1 被処理材
- 1 a 金属表面
- 2 レーザヘッド
- 3 シールドガスカーテン
- 4 溶加棒
- 5 クラッド層
- 6 溶融池
- 7 給水系
- 8 スプレーノズル
- 9 レーザ光発生手段
- 10 シールドガス供給系
- 11 ワイヤ供給系
- L レーザビーム
- 50 P 加熱点

W 冷媒 (水)

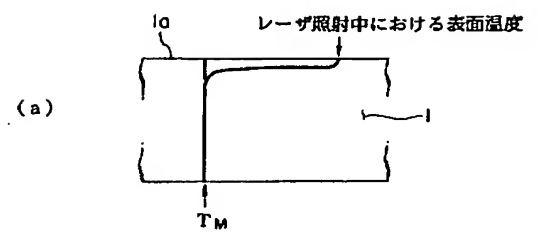
【図1】



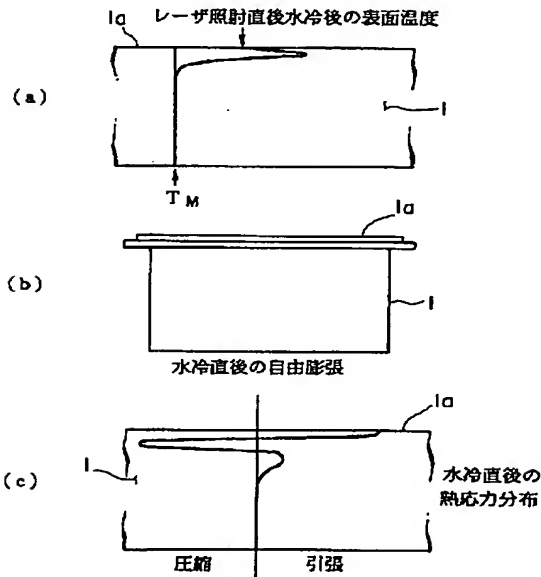
【図2】



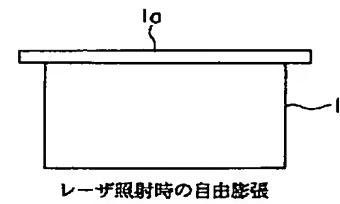
【図3】



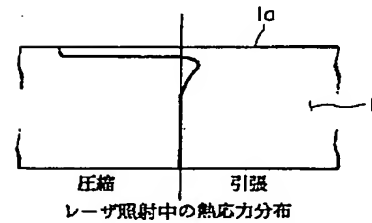
【図4】



(b)



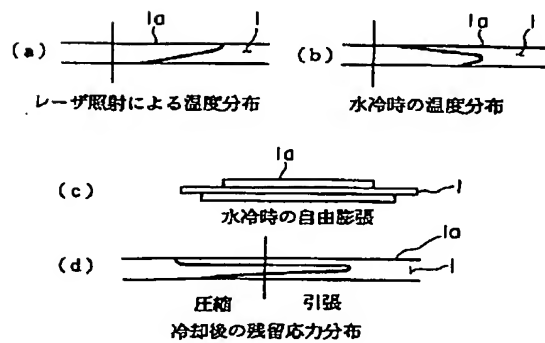
(c)



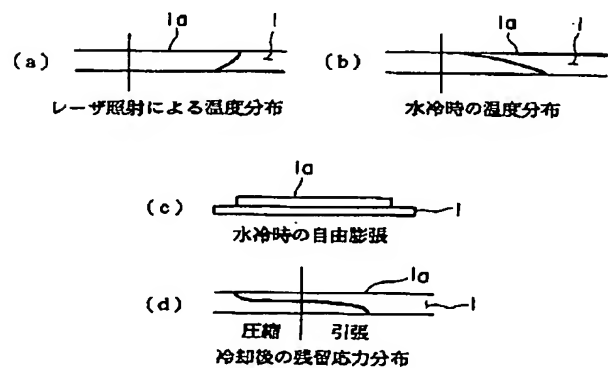
【図5】



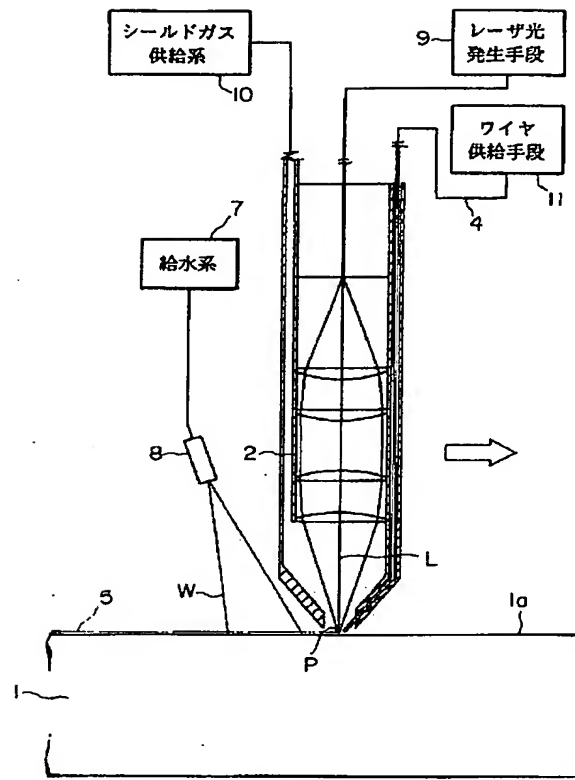
【図6】



【図7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶
C 2 3 C 2/00

識別記号 庁内整理番号

F I
C 2 3 C 2/00

技術表示箇所

(72) 発明者 佐々木 忍
神奈川県横浜市磯子区新中原町 1 番地 石
川島播磨重工業株式会社横浜エンジニアリ
ングセンター内